

Inhaltsverzeichnis

1	Digitale Lehr- und Lernmethoden	1
1.1	Motivation für den Einsatz	1
1.2	Erwartungen an digitale Methoden	3
1.3	Design digitaler Tools	5
1.4	Simulation als Lehr- und Lernmethode	16
	Literatur	19
2	Grundlagen aus Mechanik und Simulation	21
2.1	Statik und Dynamik	21
2.2	Nichtlinearität	23
2.3	Kinematik	24
2.4	Festigkeitslehre	26
2.5	Schwingungslehre	29
2.6	Elastischer Stoß	34
2.7	Simulation	35
	2.7.1 Prinzipieller Ablauf einer statischen Berechnung	37
	2.7.2 Prinzipieller Ablauf einer dynamischen Berechnung	41
2.8	Verknüpfung mit CAD-Geometrien	46
2.9	Digitale Zwillinge und X-in-the-Loop	50
	Literatur	53
3	Verwendete Finite-Elemente-Formulierungen	55
3.1	Zug-/Druckstab	55
	3.1.1 Lineare Steifigkeitsmatrix	56
	3.1.2 Nichtlineare Steifigkeitsmatrix	57
	3.1.3 Massenmatrix	57
3.2	Balken	57
	3.2.1 Lineare Steifigkeitsmatrix	59
	3.2.2 Nichtlineare Steifigkeitsmatrix	60
	3.2.3 Massenmatrix	64
3.3	Vierecks-Schalenelement	64
	3.3.1 Lineare Steifigkeitsmatrix	66
	3.3.2 Nichtlineare Steifigkeitsmatrix	72
	3.3.3 Massenmatrix	74

3.4	Dreiecks-Schalenelement	74
3.4.1	Lineare Steifigkeitsmatrix	76
3.4.2	Nichtlineare Steifigkeitsmatrix	80
3.4.3	Massenmatrix	82
3.5	Weitere Elemente	82
3.5.1	Feder	82
3.5.2	Massenpunkt	83
3.6	Rand- und Koppelbedingungen	83
3.6.1	Vorgeschriebene Verschiebungen und Verdrehungen	83
3.6.2	Konnektoren	85
3.6.3	Kontakt und Reibung	87
3.7	Lösung	92
3.7.1	Lösung statischer Systeme	92
3.7.2	Lösung dynamischer Systeme	93
3.7.3	Parallelisierung	95
3.7.4	Einbau der Constraints	96
3.7.5	Lösung der linearen Gleichungssysteme	97
3.7.6	Lösung für Modalanalysen	99
	Literatur	100
4	Anwendungsbeispiele	103
4.1	Kardanwelle	103
4.1.1	Mechanik und Konstruktion	104
4.1.2	Modellierung und Simulation	105
4.1.3	Ergebnisse	106
4.2	Hexapod	109
4.2.1	Mechanik und Konstruktion	109
4.2.2	Modellierung und Simulation	110
4.2.3	Ergebnisse	113
4.3	Industrieroboter	115
4.3.1	Mechanik und Konstruktion	115
4.3.2	Modellierung und Simulation	115
4.3.3	Ergebnisse	119
4.4	Roboterbausatz	122
4.4.1	Mechanik und Konstruktion	122
4.4.2	Modellierung und Simulation	123
4.4.3	Ergebnisse	127
4.5	Zeichnen mit Desktop-Roboter	128
4.5.1	Mechanik und Systembeschreibung	128
4.5.2	Modellierung und Simulation	130
4.5.3	Ergebnisse	134
4.6	SCARA-Roboter	136
4.6.1	Mechanik und Konstruktion	137
4.6.2	Modellierung und Simulation	138
4.6.3	Ergebnisse	140

4.7	Fahrzeugdynamik	143
4.7.1	Mechanik und Systembeschreibung	143
4.7.2	Modellierung und Simulation	144
4.7.3	Ergebnisse	146
4.8	Roboterdynamik	149
4.8.1	Mechanik und Systembeschreibung	149
4.8.2	Modellierung und Simulation	150
4.8.3	Ergebnisse	152
4.9	Dynamik einer Umformmaschine	155
4.9.1	Mechanik und Konstruktion	156
4.9.2	Modellierung und Simulation	158
4.9.3	Ergebnisse	160
	Literatur	161

Anhang	163
Notation	163
Drehungen im Raum	165
Rayleigh-Koeffizienten	166
Matrix-Zusammenbau	167

Sachverzeichnis	169
------------------------	------------